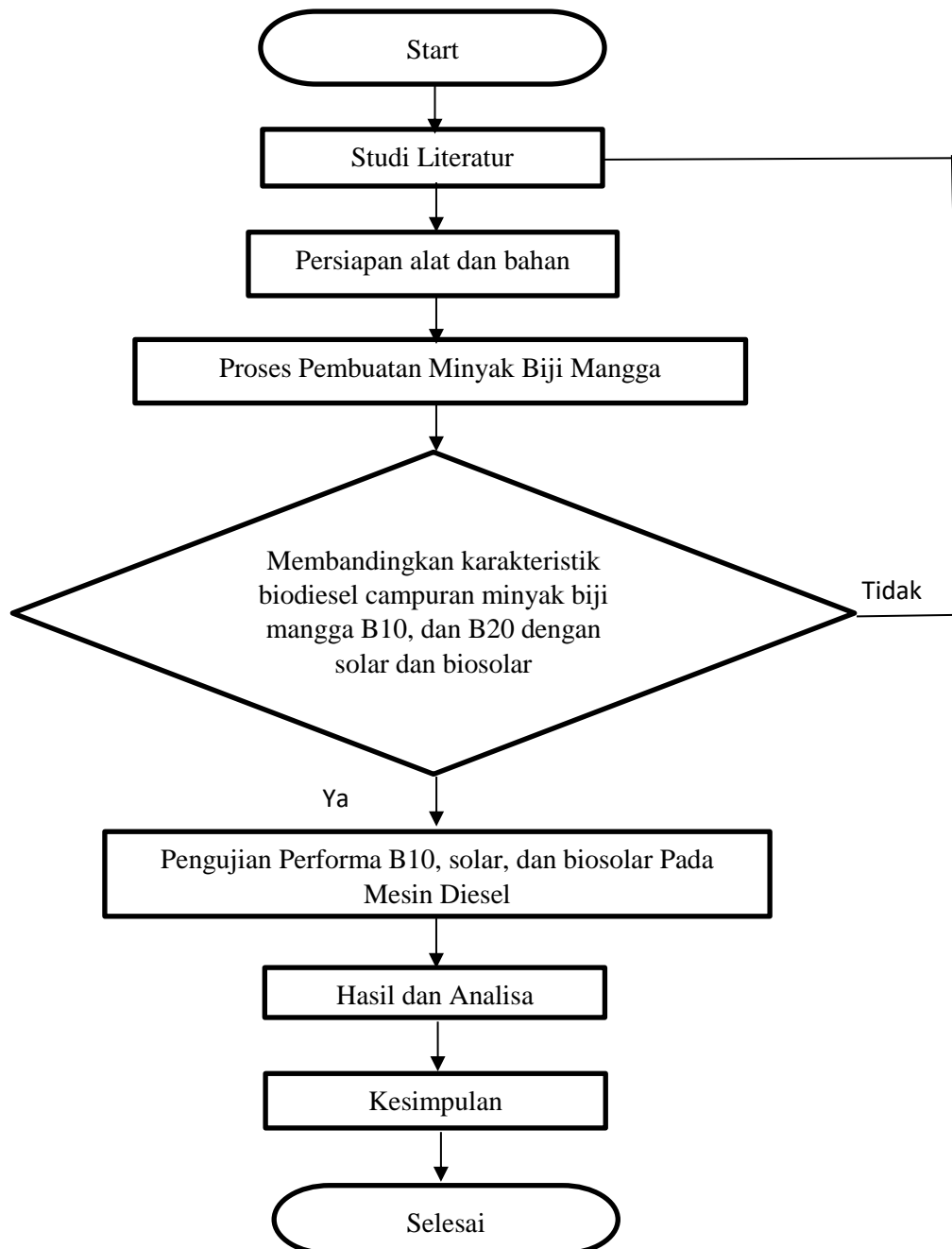


3. METODE PENYELESAIAN TUGAS AKHIR

3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian pada gambar 3.1 merupakan rangkuman langkah-langkah penelitian dari awal proses hingga selesai. Hal ini diperlukan agar penelitian dapat dilakukan secara sistematis.



Gambar 3.1. Kerangka Penelitian

3.2 Studi Literatur

Studi literatur sangat diperlukan sebagai sumber referensi dalam melakukan sesuatu yang berhubungan dengan penelitian. Studi literatur dapat berupa jurnal, buku maupun website resmi. Beberapa informasi penting yang diperoleh dari studi literatur adalah teori-teori, data statistik, dan penelitian serupa yang sudah dilakukan oleh peneliti lain. Hal ini dapat digunakan sebagai tolok ukur dari hasil penelitian.

3.3 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan perlu dipikirkan secara spesifik karena hal ini dapat berdampak pada kelancaran kerja dari penelitian. Alat dan bahan perlu dipertimbangkan sebelum ditentukan agar tidak terjadi kesalahan yang cukup merugikan dalam penelitian.

3.3.1 Persiapan Alat

Beberapa alat diperlukan untuk penelitian, berikut adalah alat-alat yang digunakan dalam proses penelitian

3.3.1.1 Blender

Blender digunakan untuk menghaluskan kernel menjadi serbuk. Kapasitas dari blender yang digunakan tidak terlalu besar seperti pada Gambar 3.2. Volume dari serpihan kernel juga harus diperhitungkan agar tidak terlalu banyak. Jika terlalu banyak, maka kerja dari blender akan semakin berat dan serpihan kernel tidak dapat secara efektif menjadi halus. Akibatnya, blender akan rusak jika dipaksakan terus menerus bekerja maksimal. Jadi, sebaiknya blender diisi serpihan kernel sedikit demi sedikit agar blender dapat bekerja secara optimal.



Gambar 3.2. Blender

3.3.1.2 Saringan

Saringan digunakan untuk menentukan butiran serbuk yang diinginkan. Pada penelitian ini, saringan yang digunakan adalah saringan yang memiliki ukuran sebesar 50 mikron seperti pada Gambar 3.3. Dengan demikian, serbuk hasil dari proses blender berukuran 50 mikron atau lebih kecil yang dapat melewati saringan. Serbuk yang tidak memenuhi ukuran kembali diblender untuk mendapatkan ukuran yang diinginkan.



Gambar 3.3. Saringan

3.3.1.3 Soxhlet

Soxhlet merupakan serangkaian alat yang digunakan untuk proses ekstraksi minyak dari biji seperti pada Gambar 3.4. *Soxhlet* terdiri dari kondensor, ekstraktor, dan gelas labu. Pada labu terdapat pelarut N-heksana yang akan dipanaskan lalu menguap menuju kondensor. Pada kondensor terjadi proses kondensasi dari pelarut N-heksana sehingga pelarut turun memenuhi ruang ekstraktor yang berisi serbuk biji. Jika ruang ekstraktor penuh, pelarut dan minyak akan kembali turun ke labu. Panas dari air di dalam rantang hanya

mampu menguapkan N-heksana karena titik didih N-heksana 60°C sehingga minyak akan tetap tertinggal pada labu.



Gambar 3.4. Soxhlet

3.3.1.4 Kompor Listrik

Kompor listrik digunakan untuk memanaskan labu agar N-Heksana dapat bersirkulasi. Kompor listrik yang digunakan adalah kompor listrik 600 watt. Tersedia pengaturan besar daya yang digunakan pada kompor ini yaitu 300 watt dan 600 watt seperti pada Gambar 3.5. Kompor listrik ini menggunakan sumber arus AC.



Gambar 3.5. Kompor Listrik

3.3.1.5 Pompa Air

Pada penelitian kali ini pompa yang digunakan memiliki daya sebesar 18 watt, head maksimum 1.5M, dan debit maksimum sebesar 400L/H seperti pada Gambar 3.6. Pompa air diperlukan untuk sirkulasi air pada kondensor agar pelarut N-heksana terkondensasi kembali menjadi cair. Dengan demikian N-

heksana yang terkondensasi akan kembali memenuhi ruang ekstraktor dan turun menuju labu bersamaan dengan minyak jika sudah penuh. Proses ekstraksi menjadi sebuah siklus tertutup dengan bantuan dari pompa air yang selalu mengatur sirkulasi air pada kondensor agar suhu air pada kondensor tetap stabil. Tanpa pompa, maka air pada kondensor akan menjadi panas sehingga tidak mampu menyerap panas dari N-heksana yang menuju kondensor. Akibatnya, N-heksana memiliki tekanan tinggi dan suhu yang tinggi sehingga siklus menjadi terbuka karena N-heksana akan menguap pada lingkungan.



Gambar 3.6. Pompa Air

3.3.1.6 Magnetic Stirrer

Magnetic stirrer digunakan untuk dua proses, yaitu pada proses tranesterifikasi dan proses penguapan methanol. *Magnetic stirrer* memiliki dua fitur, yaitu untuk mengaduk dan untuk memanaskan seperti pada Gambar 3.7. Kedua fitur ini dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. *Magnetic stirrer* memerlukan sumber tegangan AC dalam pengaplikasiannya.



Gambar 3.7. *Magnetic Stirrer*

3.3.1.7 Thermometer

Thermometer yang digunakan adalah thermometer dengan skala 100°C seperti pada Gambar 3.8. Thermometer ini digunakan untuk membantu pengontrolan temperatur dari minyak nabati agar tidak melebihi dari 80°C . Menurut literatur, pada suhu 80°C N-heksana dan methanol akan menguap, sementara minyak nabati tetap tertinggal dalam gelas ukur.



Gambar 3.8. Thermometer

3.3.1.8 Gelas Ukur

Kapasitas gelas ukur yang digunakan bermacam-macam seperti pada Gambar 3.9, disesuaikan dengan kebutuhan. Gelas ukur diperlukan untuk mengetahui seberapa banyak spesimen yang akan diproses. Untuk menentukan volume N-heksana digunakan gelas ukur yang kecil yaitu dengan kapasitas 200 ml agar memudahkan dalam proses penuangan ke dalam labu. Untuk proses

tranesterifikas, gelas ukur yang digunakan adalah yang memiliki kapasitas 500 ml dan 800 ml. Gelas ukur berkapasitas 500 ml digunakan untuk mengaduk methanol dan katalis basa KOH. Gelas ukur yang berkapasitas 800 ml digunakan untuk proses tranesterifikasi. Gelas ukur dengan kapasitas 1000 ml digunakan untuk pencampuran solar dan metil ester agar menjadi biodiesel.



Gambar 3.9. Gelas Ukur

3.3.1.9 Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk menimbang massa dari serbuk kernel untuk proses ekstraksi. Selain itu, pada proses tranesterifikasi timbangan digital diperlukan untuk menimbang massa dari minyak nabati, katalis basa KOH, dan methanol. Timbangan digital yang digunakan memiliki tingkat ketelitian sebesar 0,01 gram seperti pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10. Timbangan Digital

3.3.1.10 Aluminum Foil

Aluminum foil seperti pada gambar 3.11 diperlukan pada saat proses tranesterifikasi. Aluminium foil digunakan untuk menutup gelas ukur agar minyak nabati tidak tercemar selama diadukan pada proses tranesterifikasi.



Gambar 3.11. Aluminum Foil

3.3.2 Persiapan Bahan

Untuk menentukan bahan-bahan yang akan digunakan, perlu dipertimbangkan faktor ekonomis dan ketersediaannya. Jika terlalu mahal, penelitian ini akan membutuhkan dana yang sangat besar. Jika ketersediaannya langka, maka penelitian akan terhenti karena ketersediaan bahan baku yang tidak mencukupi. Kedua hal tersebut akan menyebabkan penelitian mengalami banyak kerugian.

3.3.2.1 Biji Mangga

Biji buah mangga yang digunakan pada penelitian adalah mangga pakel. Mangga pakel adalah mangga yang hampir di setiap musim dapat ditemui sehingga mencari mangga jenis ini jauh lebih mudah dibanding dengan mangga jenis lainnya. Biji buah mangga ini dikupas untuk diambil inti biji atau yang sering disebut kernel. Kernel dipotong sangat tipis agar dapat kering dengan cepat saat dijemur dibawah sinar matahari seperti pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12. Proses Persiapan Serbuk Mangga

3.3.2.2 Kertas Saring

Kertas saring diperlukan untuk meletakkan biji pada saat proses ekstraksi seperti pada Gambar 3.13. Hal ini bertujuan agar tidak ada serbuk biji yang ikut serta turun menuju labu. Jika ada serbuk terlalu banyak turun pada labu, maka akan didapatkan minyak yang keruh dan hal tersebut akan memperburuk warna dari minyak yang kita hasilkan



Gambar 3.13. Kertas Saring

3.3.2.3 N-Hexana

N-Hexana pada gambar 3.14 merupakan suatu cairan pelarut yang berfungsi untuk melarutkan minyak dari biji. N-Heksana akan memenuhi ruang

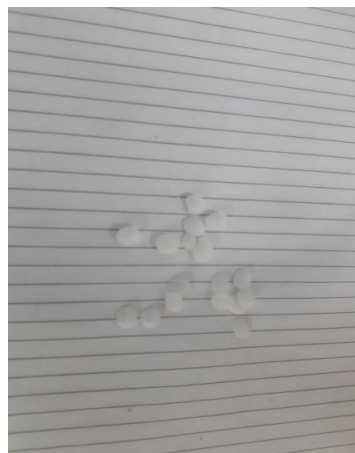
ekstraktor, sehingga pada saat ekstraktor penuh maka N-Heksana dan minyak akan turun ke labu. N-Heksana memiliki titik didih sebesar 60°C , sehingga N-Heksana akan menguap pada suhu saturasi dari air untuk kembali melakukan proses ekstraksi. Sementara itu, minyak dari biji tidak ikut menguap karena memiliki titik didih yang lebih tinggi dibandingkan dengan air.



Gambar 3.14. N-Heksana

3.3.2.4 Katalis Basa KOH

KOH adalah basa alkali yang diperlukan dalam penelitian untuk proses tranesterifikasi. Pada penelitian kali ini, penentuan penggunaan KOH sebagai katalis basa karena pada literatur juga menggunakan katalis basa KOH. Selain itu, KOH lebih mudah ditemukan pada toko bahan kimia dibandingkan dengan basa-basa jenis lainnya. KOH memiliki harga yang relatif lebih murah jika dibandingkan dengan katalis basa jenis lainnya. KOH yang digunakan berwujud padat dan berbentuk bulat pipih seperti pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15. KOH Padat

3.3.2.5 Methanol

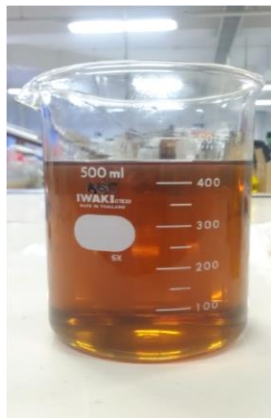
Methanol pada Gambar 3.16 adalah larutan jenis alkohol dan berperan untuk proses tranesterifikasi minyak nabati. Penentuan untuk menggunakan methanol pada proses tranesterifikasi adalah studi literatur. Disamping studi literatur, keberadaan methanol yang melimpah mempermudah untuk melakukan penelitian dan harga dari methanol relatif lebih murah dibandingkan dengan alkohol jenis lain.



Gambar 3.16. Methanol

3.3.2.6 Solar Murni

Solar murni diperlukan untuk membuat biodiesel dengan komposisi B10 dan B20. Solar murni yang digunakan adalah solar milik SPBU 54.865.09 yang dapat dilihat pada Gambar 3.17. Metil ester dicampur ke dalam solar murni dengan perbandingan 10% metil ester dan 90% solar untuk B10, 20% metil ester dan 80% solar untuk B20.

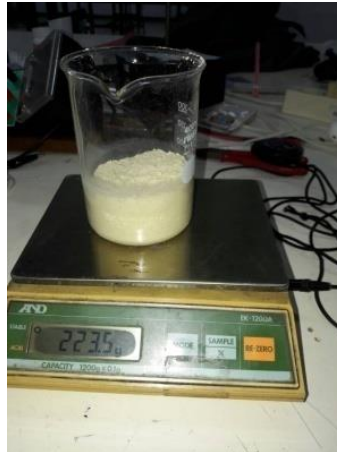


Gambar 3.17. Solar SPBU 54.865.09

3.4 Prosedur Pembuatan Minyak Biji Mangga

Setelah melakukan proses persiapan alat dan bahan, penelitian ini siap untuk dilakukan. Penelitian ini terdiri dari beberapa proses yang memerlukan ketelitian dalam menentukan komposisi dari bahan. Berikut adalah langkah-langkah pembuatan minyak biji mangga.

1. Menimbang serbuk biji mangga sebanyak 80 gram seperti pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18. Penimbangan Serbuk Biji Mangga

2. Menentukan volume pelarut N-Heksana sebanyak 150 ml seperti Pada Gambar 3.19.



Gambar 3.19. Pengukuran Volume N-Heksana

3. Memasang bagian dari soxhlet seperti kondensor, ekstraktor, dan labu seperti pada Gambar 3.20



Gambar 3.20. Proses Ekstraksi

4. Memisahkan minyak nabati menggunakan *rotary evaporator* seperti pada Gambar 3.21



Gambar 3.21. Rotary Evaporator

3.5 Prosedur Proses Tranesterifikasi

Proses tranesterifikasi adalah proses untuk menghasilkan metil ester yang siap dicampur dengan solar murni. Proses tranesterifikasi terdiri dari beberapa langkah, diantaranya :

1. Menimbang massa minyak nabati sebanyak 300 ml seperti pada Gambar 3.22



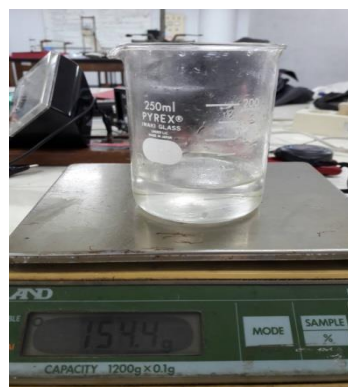
Gambar 3.22. Penimbangan Massa Minyak Nabati

2. Menentukan massa KOH sebanyak 1% dari massa minyak nabati seperti Pada Gambar 3.23.



Gambar 3.23. Penimbangan Massa KOH

3. Menentukan massa methanol sebanyak 20% dari massa minyak nabati Seperti pada Gambar 3.24.



Gambar 3.24. Penimbangan Massa Methanol

4. Mengaduk methanol dan KOH menggunakan *magnetic stirrer* seperti Gambar 3.25



Gambar 3.25. Proses Pengadukan Methanol dan KOH

5. Memanaskan minyak nabati menggunakan *magnetic stirrer* seperti pada Gambar 3.26.



Gambar 3.26. Proses Pemanasan Minyak nabati

6. Mencampur larutan KOH dan methanol ke dalam minyak nabati.

7. Melakukan proses pengadukan selama satu jam dan memisahkan endapan dengan metil ester setelah 24 jam seperti pada Gambar 3.27



Gambar 3.27. Proses Transesterifikasi

8. Menguapkan methanol dengan menggunakan *magnetic stirrer* seperti pada Gambar 3.28



Gambar 3.28. Penguapan Methanol

3.6 Pembuatan Biodiesel

Proses pencampuran minyak biji mangga dilakukan dengan menggunakan bantuan gelas ukur seperti pada Gambar 3.29. Solar murni dan minyak biji mangga dicampur sebanyak 500ml dengan komposisi B10 dan B20. Dalam campuran B10 terdapat solar sebanyak 450ml dan 50ml metil ester, sementara pada B20 terdapat solar sebanyak 400ml dan 100ml metal ester.

Gelas ukur yang berisi campuran solar dan minyak biji mangga kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* agar campuran menjadi homogen. Campuran diaduk selama dua hingga tiga menit. Setelah diaduk, pindahkan biodiesel tersebut ke dalam suatu tempat yang bersih. Biodiesel telah siap diuji karakteristik dan performanya



Gambar 3.29. Proses Pencampuran Solar dan Metil Ester

3.7 Pengujian Karakteristik

Pengujian karakteristik dilakukan pada solar murni, biosolar, biodiesel B10, dan biodiesel B20. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan karakteristik dari setiap sampel. Ada 9 parameter yang diuji pada penelitian ini

3.7.1 Pengujian *Density* Metode ASTM D-1298

Pengujian *density* dilakukan dengan menggunakan alat *hydrometer* karena spesimen berupa fluida. *Hydrometer* dapat menghasilkan pengukuran yang akurat apabila spesimen memiliki temperatur mendekati temperatur standard. Pertamina menggunakan standard ASTM D-1298 untuk pengujian ini. Menurut ASTM D-1298, temperatur spesimen harus pada 15°C.

Hidrometer merupakan salah satu dari aplikasi hukum Archimedes yang sering kita temui dalam kehidupan sehari-hari. Hukum Archimedes, menyatakan bahwa benda yang tercelup ke dalam fluida mengalami gaya ke atas seberat fluida yang dipindahkan. Ketika hidrometer dicelupkan ke dalam fluida, maka fluida akan memberikan gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat hidrometer. Gaya ini terkonversikan menjadi massa jenis zat cair yang diukur, karena di dalam hidrometer terdapat zat cair yang massa jenisnya sudah diketahui dan tertuang dalam skala yang tertera pada hidrometer.

Ringkasan metode uji ASTM 1298:

1. Menuangkan spesimen ke dalam silinder hidrometer yang telah dibersihkan terlebih dahulu. Suhu dari spesimen dibuat tetap pada temperatur 15°C.
2. Menempatkan silinder yang berisi spesimen dengan posisi tegak di tempat yang tidak ada hembusan angin dan tidak mengalami perubahan suhu lingkungan lebih dari 2°C selama waktu yang diperlukan sampai pengujian selesai.
3. Memasukkan termometer yang sesuai dan mengaduk spesimen dengan batang pengaduk, gunakan kombinasi gerakan vertikal dan gerakan memutar untuk memperoleh suhu dan kerapatan merata di seluruh silinder hidrometer. Catat suhu contoh dengan ketelitian 0,1°C dan ambil termometer dan batang pengaduk dari silinder hidrometer.
4. Menenggelamkan hidrometer yang sesuai ke dalam cairan dan lepaskan apabila telah berada dalam posisi kesetimbangan.

5. Apabila hidrometer telah mengapung bebas dari dinding silinder, mencatat pembacaan skala hidrometer dengan ketelitian satu per lima pembagian skala penuh.

3.7.2 Pengujian Warna Metode ASTM D-1500

Pengujian warna dilakukan dengan alat uji spektrum warna. Sampel diletakkan dalam tabung uji dan diberi sinar oleh sumber cahaya, kemudian warnanya dibandingkan dengan piringan gelas berwarna standar yang nilainya berkisar dari 0,5 sampai 8,0. Bila warna yang tepat ditemukan maka catat range warna yang didapatkan.

3.7.3 Pengujian Viskositas Kinematik ASTM D-445

Sampel diinjeksikan pada *bath viscosity* dengan suhu konstan 100⁰ F selama 30 menit. Selama fluida mengalir pada pipa kapiler, alat akan otomatis membaca berapa besar viskositas kinematik dalam satuan centistoke. Percobaan ini diulang sebanyak 3 kali dan diambil nilai rata-ratanya.

Viskositas kinematik adalah hasil pengukuran waktu alir dan viskosimeter tetap yang terkalibrasi.

$$v = C.t \tag{3.1}$$

dimana:

v = viskositas kinematik, Centi Stoke (cSt)

C = konstanta dari viskosimeter yang dikalibrasi, (mm²/detik)/detik

t = waktu alir rata-rata, detik

3.7.4 Pengujian *Pour Point* ASTM D-97

Sebelum melakukan pengujian *pour point* pada fluida, tempertaur dari fluida harus dijadikan 90°F terlebih dahulu. Setelah temperatur sesuai, fluida dimasukkan ke dalam sebuah silinder kaca. Fluida yang berada pada silinder dimasukkan ke dalam lubang-lubang yang tersedia pada alat uji *pour point*. Lubang-lubang tersebut memiliki temperature yang berbeda. Pengujian dilakukan dengan memasukkan fluida pada lubang selama satu menit, lalu mengeluarkan

fluida dan memiringkan silinder yang berisi fluida untuk dilihat apakah fluida tersebut masih dalam fase cair atau sudah sulit untuk mengalir. Jika fluida masih mudah mengalir, maka pengujian dilakukan pada lubang selanjutnya yang memiliki temperature lebih rendah dari lubang sebelumnya. Pengujian ini dihentikan apabila fluida sudah tidak dapat mengalir dengan baik saat silinder pada posisi miring. Ketika fluida sudah sulit untuk mengalir, catat pada suhu berapa fluida tersebut sudah tidak bisa mengalir lagi.

3.7.5 Pengujian *Flash Point* ASTM D-93

Metode ini menggunakan alat *Pensky Martin Closed Cup*. Alat ini dapat membaca flash point dalam range 40°C hingga 360°C. Pengujian ini memerlukan sampel minyak sebanyak 150 ml agar didapatkan hasil pengukuran yang tepat. Durasi dari proses pengujian *flash point* kurang lebih 30 menit.

Prosedur pengujiannya yaitu, mangkok kuningan dari alat diisi dengan spesimen sampai batas bagian dalam dan ditutup rapat. Spesimen dipanaskan dan diaduk dengan kecepatan tertentu. Kemudian, spesimen akan dibakar menggunakan api. Api pengujian dapat dinaikkan temperaturnya apabila spesimen masih belum terbakar. Peningkatan suhu api dilakukan setiap 10 detik sekali dengan kelipatan kenaikan suhu sebesar 1°C. Pengujian ini selesai apabila spesimen terbakar pada temperatur tertentu dan mencatat berapa besar temperatur yang diperlukan untuk membakar spesimen. Temperatur yang dicatat adalah titik ledak atau *flash point*.

3.7.6 Pengujian Kandungan Air ASTM D-6304

Dalam pengujian ini, sampel terlebih dahulu diletakkan ke dalam tabung dan dicampur dengan pelarut yang dapat mengikat air. Campuran spesimen dalam tabung dipanaskan pada suhu 100°C karena pada suhu tersebut air dan pelarut akan menguap bersamaan dengan pelarut. Uap tersebut akan menuju pada *waste bottle*. *Waste bottle* dipanaskan kembali agar pelarut menguap dan kembali ke dalam tabung yang berisi spesimen sehingga membentuk suatu siklus tertutup. Proses ini dilakukan selama 1 jam dan volume air yang berada dalam *waste bottle* diukur.

3.7.7 Pengujian Kandungan Sulfur ASTM D-4294

Untuk pengujian kandungan sulphur digunakan detektor inframerah. Dalam pengujian, spesimen dibakar dalam perahu keramik, kemudian ditempatkan dalam dapur pembakaran pada temperatur 1317⁰ C pada kondisi aliran gas oksigen atmosfer. Kandungan sulfur dalam spesimen yang terbakar menjadi SO₂ bersamaan dengan uap air dan abu. Untuk memisahkan uap air dan abu dari SO₂ digunakan sebuah trap. SO₂ yang telah terpisah dari uap air dan abu dibaca kandungannya oleh detektor inframerah. Perhitungan % massa sulfur dilakukan oleh suatu mikroprosesor dengan menggunakan faktor sinyal detektor dan faktor kalibrasi awal. Hasil perhitungan kemudian dicatat oleh printer.

3.7.8 Pengujian Destilasi ASTM D-86

Pengujian destilasi adalah pengukuran seberapa besar suhu dari sampel akan menguap. Alat ini memiliki tabung untuk tempat memasukkan sampel yang akan diuji. Diatas tabung dilengkapi termometer untuk membaca berapa temperatur sampel saat menguap. Namun pembacaan temperatur dilakukan setelah spesimen yang terdestilasi memenuhi silinder pada output yang tersedia. Menurut ASTM D-86 pembacaan akan dilakukan pada saat sampel yang terdestilasi memenuhi silinder sebanyak 90 ml.

3.7.9 Pengujian Indeks Setana Terhitung (*Calculated Cetane Index*) ASTM D-4737

Indeks setana terhitung (CCI) adalah suatu cara memprediksi angka setana dari minyak solar dengan menggunakan rumusan. Data-data yang diperlukan untuk perhitungan dengan rumusan ASTM D-976 adalah API *gravity* ASTM D-1298, destilasi ASTM D-86, dan *density* pada 15⁰ C ASTM D-1298. Menurut metode ASTM D-976, indeks setana terhitung bisa ditentukan dengan rumus:

$$CCI = - 420,34 + 0,016 G^2 + 0,192 G \log M + 65,01 (\log M)^2 - 0,0001809 M^2$$

atau

$$CCI = 454,74 - 1641,416 D + 774,74 D^2 - 0,554 B + 97,803 (\log B)^2 \quad (3.2)$$

di mana:

G= API gravity, nilainya ditentukan dengan metode uji ASTM D-287 atau D- 1298

M= temperatur pada perolehan 50% destilat, $^{\circ}$ F, ditentukan dengan metode uji D-86 dan dikoreksi ke standar tekanan atmosfer.

D= density pada 15° C, g/ml, diukur dengan metode ASTM D-1298

B= temperatur pada perolehan 50% destilat, $^{\circ}$ C, ditentukan dengan metode uji D-86 dan dikoreksi ke standar tekanan atmosfer.

3.8 Pengujian Performa

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui peforma bahan bakar. Peforma tersebut dijabarkan dalam beberapa parameter seperti torsi, daya, *specific fuel consumption*, BMEP, efisiaensi termal. Pengujian ini dilakukan pada 4 spesimen yaitu solar, biosolar, B10, dan B20. Masing-masing dari spesimen dilakukan pengujian sebanyak 3 kali pengambilan data dan diambil nilai rata-rata untuk masuk perhitungan. Data yang diambil adalah RPM, beban, *return flow*, waktu, dan suhu.

3.8.1 Alat Pengujian

Alat untuk pengujian performa adalah satu set *engine diesel* (ISUZU) dan *water brake dynamometer* seperti pada gambar 3.30



Gambar 3.30. Satu Set Engine Diesel (ISUZU) dan Water Brake Dynamometer

- Spesifikasi *engine*

Merk : ISUZU Automotiv Diesel Engine, 4-stroke, direct injection.

Type : 4JA – I. OHV

Cylinder : 4 – in line

Tipe ruang bakar : Pengabutan langsung

Bore x stroke : 93 x 92 mm

Volume silinder : 2499 cm^3

Perbandingan kompresi : 18,4

Tekanan kompresi : 31 kg / cm^2

Urutan pengabutan : 1 – 3 – 4 – 2

Timing pengabutan : 12° sebelum TMA

Maximum output : 86 ps / 3900 rpm

Idling speed : 750 rpm

Sistim bahan bakar

Tipe pompa injeksi : Bosch Distributor

Tipe nozel : Tipe lubang

Jumlah lubang nozel : 4

Tekanan awal nozel : 185 kg / cm^2

- Spesifikasi *Water Brake Dynamometer*

Merk : Zollner

Type : 3n19A

Max Performance : 120 kW

Max speed : 7500 rpm

Pengatur beban : Pintu air (*sluice gate*)

Jumlah impeller : 1

Arah putaran : 1 arah

P & T air inlet minimum : 2.5 bar (20° C)

3.0 bar (30° C)

2.5 bar (40° C)

Panjang tuas teoritis : 0.9549 m (Koreksi menjadi 0.9738)

Formula daya : $N = \frac{W n}{10000} kW$

$N = \text{daya (kW)}$

$W = \text{beban (Newton)}$

$n = \text{putaran (rpm)}$

Peralatan-peralatan tambahan yang digunakan adalah

- Thermometer ruangan
- *Stopwatch*
- Gelas ukur
- *Pressuregauge*
- *Hygrometer*

3.8.2 Prosedur Pengujian

Dalam pengujian ini memerlukan 5 orang agar pengujian dapat dilakukan dengan mudah, teliti, dan efektif. Dalam pengujian ini ada beberapa langkah yang harus dilakukan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Memeriksa mesin terlebih dahulu seperti minyak pelumas, pendingin radiator, air, dan mempersiapkan peralatan lain yang dibutuhkan selama percobaan sebelum menghidupkan mesin.
2. Mencatat kondisi lingkungan sekitar (suhu, tekanan, dan kelembaban udara).
3. Memanaskan mesin dengan menghidupkan pada putaran *idle* (750rpm) selama ± 5 menit agar mesin mencapai suhu kerjanya.
4. Menghidupkan pompa masukan air dynamometer dan mengatur tekanannya 1.5 bar melalui katup pemasukan air.
5. Mengondisikan pengereman pada 0% dan putaran pada 3000 rpm serta menjaga tekanan air tidak berubah.
6. Pada kondisi (5) mencatat beban yang terbaca pada dynamometer, waktu yang dibutuhkan untuk mengkonsumsi 50ml bahan bakar yang terdapat pada gelas ukur serta jumlah bahan bakar yang kembali (return flow), suhu, dan kelembaban udara.

7. Dengan posisi pengereman berubah, menurunkan putaran mesin menjadi 2800,2600, ...s/d 1600 rpm.
8. Mengulangi mencatat data seperti pada langkah (6).
9. Percobaan pertama selesai. Mengembalikan beban dengan posisi pengereman ke 0% dengan menekan tombol untuk penurunan beban sambil mengembalikan putaran motor ke idlanya. Kemudian, matikan mesin.
10. Dengan prosedur yang sama melakukan percobaan ini sebanyak 3 kali untuk solar dan biosolar dan 2 kali untuk B10 minyak biji mangga.

3.9 Uji Nilai Kalor

Uji nilai kalor pada penelitian ini menggunakan alat bom kalorimeter. Dari pengujian ini, didapatkan nilai kalor atas atau *higher heating value* karena produk hasil pembakaran masih menghasilkan bahan bakar dalam fase *liquid*. Alat uji *bomb* kalorimeter dapat dilihat pada Gambar 3.31.



Gambar 3.31. Bom Kalorimeter

3.9.1 Prosedur Pengujian

1. Menyiapkan sampel bahan bakar yang ingin diuji.
2. Meletakkan bahan bakar yang akan diuji kedalam mangkuk uji seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.32.

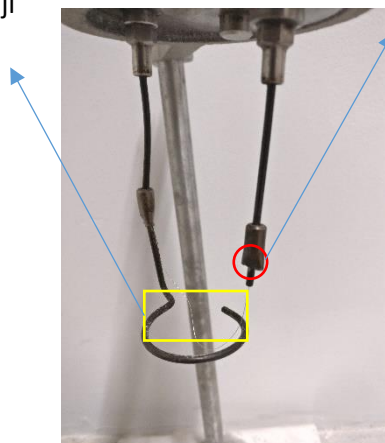


Gambar 3.32 Mangkuk Uji Bom Kalorimeter

3. Mengukur berat bersih bahan bakar yang diuji dengan menggunakan timbangan digital.
4. Memotong *fuse wire* Parr 45C10 pada gambar 3.28 sepanjang 10 cm.
5. Memasang *fuse wire* yang telah dipotong kedalam *oxygen combustion vessel head* dan meletakkan mangkuk uji yang telah diisi bahan bakar kedalam *oxygen combustion vessel head* seperti pada gambar 3.33.

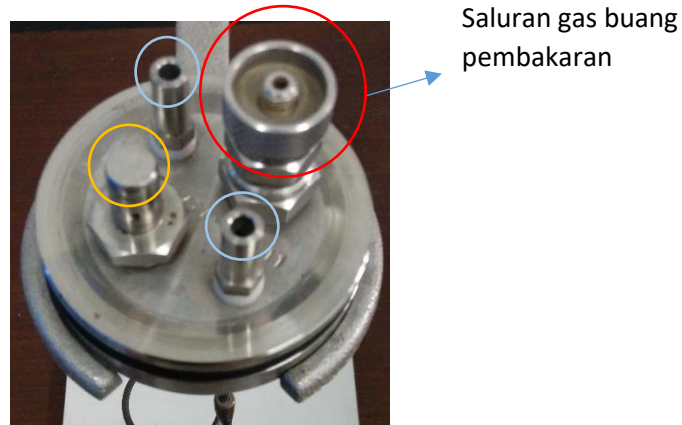
Tempat untuk
meletakkan
mangkuk uji

Tempat untuk
memasang *fuse*
wire



Gambar 3.33 *Oxygen Combustion Vessel Head*

6. Memasukkan *head* ke dalam *combustion vessel* dan memastikan *combustion head* terpasang dengan erat.
7. Mengeraskan ulir pada saluran pembuangan gas hasil pembakaran seperti gambar 3.34.



Gambar 3.34 Tampak Atas *Oxygen Combustion Vessel Head*

8. Menyiapkan dan mengisi *water jacket* dengan air suling atau mineral water dengan kandungan padatan terlarut kurang dari 250 ppm sebanyak 2000 ± 0.5 gram.
9. Mengisi oxygen combustion vessel yang sudah dirakit dengan oksigen hingga 30 bar melalui lubang warna kuning pada gambar 3.31.
10. Memasang 2 ignition cable pada gambar 3.35 dengan *head oxygen combustion vessel* (gambar 3.34 warna biru).



Gambar 3.35 *Ignition cable*

11. Memasang oxygen combustion vessel yang telah dirakit ke dalam bucket yang telah terisi air dan memastikan tidak bertabrakan dengan pengaduk (Gambar 3.36 warna biru tua) serta kokoh tepat pada bulatan di dalam bucket.



Gambar 3.36 *Thermostat, pengaduk, dan ignition button.*

12. Memasang karet motor pemutar stirrer dengan *pulley stirrer*. Kemudian menyalakan motor pemutar stirrer selama 10 menit sehingga *temperature* air menjadi merata. Mencatat nilai awal temperatur air sebagai *variable*.
13. Tekan tombol warna perak pada ignitor untuk meledakkan *lead wire* didalam *vessel*. Apabila lampu merah menyala menandakan *lead wire* telah terbakar, apabila tidak menyala menandakan sebaliknya.
14. Mengamati perubahan *temperature* yang terjadi
15. Mencatat temperatur air *maximum* yang meningkat
16. Membersihkan semua alat yang telah dipakai dan menyimpan *lead wire* yang tersisa dalam *vessel*.
17. Menghitung panjang sisa *lead wire*.